

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

11826679

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 6160809 A2 19940607 <No. of Patents: 006>

LIQUID CRYSTAL ELECTROOPTICAL DEVICE (English)

Patent Assignee: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Author (Inventor): KONUMA TOSHIMITSU; NISHI TAKESHI; SUGAWARA AKIRA

IPC: \*G02F-001/133; G02F-001/136

JAPIO Reference No: \*180481P000032; 180481P000032

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
JP 6160809	A2	19940607	JP 92333604	A	19921119 (BASIC)
JP 6160812	A2	19940607	JP 92333605	A	19921119
JP 3135724	B2	20010219	JP 92333604	A	19921119
JP 3262870	B2	20020304	JP 92333605	A	19921119
KR 138968	B1	19980515	KR 9324899	A	19931119
US 5541747	A	19960730	US 153901	A	19931117

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 92333604 A 19921119

JP 92333605 A 19921119

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04516912 \*\*Image available\*\*

LIQUID CRYSTAL ELECTROOPTICAL DEVICE

PUB. NO.: 06-160812 [JP 6160812 A]

PUBLISHED: June 07, 1994 (19940607)

INVENTOR(s): NISHI TAKESHI

KONUMA TOSHIMITSU

APPLICANT(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD [470730] (A Japanese Company  
or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 04-333605 [JP 92333605]

FILED: November 19, 1992 (19921119)

INTL CLASS: [5] G02F-001/133; G02F-001/133; G02F-001/133; G02F-001/1333; G09G-003/36

JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment); 44.9 (COMMUNICATION -- Other)

JAPIO KEYWORD:R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES); R011 (LIQUID  
CRYSTALS); R119 (CHEMISTRY -- Heat Resistant Resins)

JOURNAL: Section: P, Section No. 1797, Vol. 18, No. 481, Pg. 33, September 07, 1994 (19940907)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To make digital gradation display possible by using a liquid crystal material having spontaneous polarization of an adequate value.

CONSTITUTION: A liquid crystal material exhibiting a ferroelectric or antiferroelectric property or a material 17 formed by dispersing this material into a high-polymer compound is clamped in the spacing of a liquid crystal cell formed by arranging a pair of substrates 11 and 12 which have electrodes 13, 14, have liquid missivity on at least on thereof, have thin-film transistors 15 on at least either one substrate and further, have films 16 subjected to a uniaxial orientation treatment, such as rubbing treatment, on at least one thereof in such a manner that the surfaces subjected to the orientation treatment face each other. The liquid crystal material having the small value of the spontaneous polarization is so used that the liquid crystal molecules can be inverted even by small charges, by which the response of the liquid crystal molecules even at the pulse width shorter than the response time of the liquid crystal material exhibiting the ferroelectric or antiferroelectric property or the material formed by dispersing such material into the high-polymer compound is possible.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-160812

(43)公開日 平成6年(1994)6月7日

(51)IntCl <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/133	5 7 5	9226-2K		
	5 5 0	9226-2K		
	5 6 0	9226-2K		
1/1333		9225-2K		
G 0 9 G 3/36		7319-5G		

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-333605

(22)出願日 平成4年(1992)11月19日

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 西 毅

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(72)発明者 小沼 利光

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(54)【発明の名称】 液晶電気光学装置

(57)【要約】

【目的】 階調表示可能な液晶電気光学装置を提供する。

【構成】 強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、もしくはそれらを高分子化合物に分散させた材料を用いた液晶表示装置について、適切な自発分極を有する液晶材料を用いることで、液晶材料に電界を印加する時間を制御して階調表示を行う液晶表示装置を得る。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極を有し、少なくとも一方が透光性を有し、かついずれか一方の基板に薄膜トランジスタを有する一対の基板間に、強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料を挟持し、該薄膜トランジスタに対するデータ信号印加時間が液晶材料もしくはそれらを高分子化合物に分散させた材料の応答時間よりも短いことを特徴とする液晶電気光学装置。

【請求項2】 電極を有し、少なくとも一方が透光性を有し、かついずれか一方の基板に薄膜トランジスタを有する一対の基板間に、強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料を挟持し、該液晶材料の有する自発分極の値と画素電極面積の積の2倍が、印加するデータ信号電圧と、次のパルスが印加されるまで電極間に保持される電圧との差に、画素電極間の容量を乗じたもの以上の大きさを有することを特徴とする液晶電気光学装置。

【請求項3】 電極を有し、少なくとも一方が透光性を有し、かついずれか一方の基板に薄膜トランジスタを有する一対の基板間に、強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料を挟持し、該液晶材料の有する自発分極の値と画素電極面積の積の2倍が、印加するデータ信号電圧と、次のパルスが印加されるまで電極間に保持される電圧との差に、画素電極間の容量と、各画素毎に設けられた補助容量の和を乗じたもの以上であることを特徴とする液晶電気光学装置。

【請求項4】 電極を有し、少なくとも一方が透光性を有し、かついずれか一方の基板に薄膜トランジスタを有する一対の基板間に、強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料を挟持し、該液晶材料の有する自発分極の値と画素電極面積の積の2倍が、印加するデータ信号電圧と、次のパルスが印加されるまで電極間に保持される電圧との差に、画素電極間の容量を乗じたもの以上の大きさとなるような温度範囲でを使用することを特徴とする液晶電気光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、駆動用スイッチング素子として薄膜トランジスタ（以下TFTという）を使用した液晶電気光学装置において、使用する液晶材料は高速応答性に優れた強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶、あるいは、それらを高分子化合物（ポリマー）中に分散させた、いわゆるポリマー液晶（分散型液晶ともいう）に限定することを特徴とした液晶電気光学装置である。特に中間的な色調や濃淡の表現を得るための階調表示を行うために、外部からいかなるアナログ信号をもアクティブ素子に印加することなく、階調表示をおこな

う、いわゆる完全デジタル階調表示を行う液晶電気光学装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 液晶組成物は外部の電場によって、その光透過量や屈折率が変化するものであり、この性質を使用することによって電気信号を光信号に変換し、表示をおこなうことができる。液晶材料としては、TN（ツイステッド・ネマティック）液晶、STN（スーパー・ツイステッド・ネマティック）液晶、強誘電性あるいは反強誘電性液晶、また、最近では、ネマティック液晶や強誘電性もしくは反強誘電性液晶を高分子材料中に分散させたポリマー液晶（分散型液晶ともいう）とよばれる材料が知られている。液晶は外部電圧に対して、無限に短い時間に反応するのではなく、応答するまでにある一定の時間がかかることが知られている。その値はそれぞれの液晶材料に固有で、TN液晶の場合には、数10msec、STN液晶の場合には数100msec、強誘電性液晶の場合には数10μsec、ネマティック液晶を利用した分散型あるいはポリマー液晶の場合には数10msecである。

【0003】 液晶を利用した表示装置のうちでもっとも優れた画質が得られるものは、アクティブマトリクス方式を用いたものであった。従来のアクティブマトリクス型の液晶電気光学装置では、アクティブ素子として薄膜トランジスタ（TFT）を用い、TFTにはアモルファスまたは多結晶型の半導体を用い、1つの画素にP型またはN型のいずれか一方のみのタイプのTFTを用いたものであった。即ち、一般にはNチャネル型TFT（NTFTという）を画素に直列に連結している。そして、マトリクスの信号線に信号電圧を流し、それぞれの信号線の直交する箇所に設けられたTFTに双方から信号が印加されるとTFTがON状態となることを利用して液晶画素のON/OFFを個別に制御するものであった。このような方法によって画素の制御をおこなうことによって、コントラストの大きい液晶電気光学装置を実現することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来のアクティブマトリクス方式では、明暗や色調といった、階調表示をおこなうことは極めて難しかった。従来、階調表示は液晶の光透過性が、印加される電圧の大きさによって変わることを利用する方式が検討されていた。これは、例えば、マトリクス中のTFTのソース・ドレイン間に、適切な電圧を周辺回路から供給し、その状態でゲイト電極に信号電圧を印加することによって、液晶画素にその大きさの電圧をかけようとするものであった。

【0005】 しかしながら、このような方法では、例えば、TFTの不均質性やマトリクス配線の不均質性のために、実際には液晶画素にかかる電圧は、各画素によって、最低でも数%も異なってしまう。一方、液晶の光

透過度の電圧依存性は、極めて非線型性が強く、ある特定の電圧で急激に光透過性が変化するため、画素電圧が、たとえ数%異なっても、光透過性が著しく異なってしまうことがあった。そのため、従来のアナログ的な階調表示方式では16階調を達成することが限界であった。例えば、TN液晶材料においては、光透過性が変化する、いわゆる遷移領域は、1.2Vの幅しかなく、16階調を達成せんとする場合には、75mVもの小さな電圧の制御ができる必要があり、そのため、製造歩留りは著しく低くなった。

【0006】このように階調表示が困難であるということは、液晶ディスプレイ装置が従来の一般的な表示装置であるCRT（陰極線管）と競争してゆく上で極めて不利であった。これに対し、本発明人らは、液晶に電圧のかかっている時間を制御することによって、視覚的に階調を得ることができることを見出した。その詳細は特願平3-169306に示される。

【0007】例えば、代表的な液晶材料であるTN（ツイステッド・ネマチック）液晶を用いた場合において、図1のように各種のパルス波形を液晶画素に印加することによって、明るさを変化させることが可能である。すなわち、図1の“1”、“2”、・・・“15”という順番で段階的に明るくすることができ、図1の例では16階調の表示が可能である。例えば、図1（A）では、“1”では、1単位の長さのパルスが印加される。また、“2”では、2単位の長さのパルスが印加される。“3”では、1単位のパルスと2単位のパルスが印加され、結果として3単位の長さのパルスが印加される。“4”では、4単位の長さのパルスが印加される。“5”では、1単位のパルスと4単位のパルスが印加され、“6”では、2単位のパルスと4単位のパルスが印加される。さらに、8単位の長さのパルスを用意することによって、15単位の長さのパルスを結果として得ることができる。

【0008】すなわち、1単位、2単位、4単位、8単位という4種類のパルスを適切に組み合わせることによって、 $2^4 = 16$ 階調の表示が可能となる。さらに、16単位、32単位、64単位、128単位というように、多くのパルスを用意することによって、それぞれ、32階調、64階調、128階調、256階調という高度階調表示が可能となる。例えば、256階調表示を得るには、8種類のパルスを用意すればよい。

【0009】また、図1（A）の例では、画素に印加される電圧の持続時間は、最初 $T_1$ 、次が $2T_1$ 、その次が $4T_1$ というように等比数列的に増大するように配列した例を示したが、これは、例えば、図1（B）のように、最初に $T_1$ 、次に $8T_1$ 、その次が $2T_1$ 、最後に $4T_1$ としてもよい。このように配列せしめることにより、表示装置にデータを伝送する装置の負担を減らすことができる。

【0010】しかしながら、TN液晶を用いた場合には、結果的には印加する電圧は、従来のアナログ的な階調表示方式の場合と同じだけの精度が要求された。すなわち、画素にONの電圧として5Vをかけて、図1における“10”を表示した場合は、ONの電圧として5.1Vの電圧をかけて、同じ“10”を表示した場合より、約2%だけ暗く見えてしまった。すなわち、このようなデジタル的な階調表示方式では、従来のアナログ階調表示方式と同じくTFTのばらつきがないことが要求された。

【0011】代表的なTFTアティブマトリクス回路図を図3（A）に示す。このような回路に走査信号（ $V_g$ ）、データ信号（ $V_d$ ）を印加した場合の液晶画素の電位 $V_i$ の変化を図3（B）に示す。

【0012】 $V_i$ のばらつきをもたらす要因はいくつかあるが、大きなものはTFTのゲート電極と画素電極側配線との寄生容量によって走査信号が切れる際に生じる電位降下（ $\Delta V$ ）と、TFTのリーク電流や液晶のリーク電流による電圧の降下であり、TFTの駆動能力が十分でない（移動度が小さい）場合には、走査信号が持続している時間 $t_1$ の間に十分な充電ができないための到達電圧のばらつきである。

【0013】これらの変動はTFTの特性によって大きく影響を受けるため、TFTのばらつきが大きいと画素の明暗が大きく異なるものとなる。例えば、ゲート電極と画素電極側配線の寄生容量がばらばらならば $\Delta V$ が異なり、TFTのリーク電流の大きさがばらばらならば画素電圧の降下速度もまちまちとなる。アモルファスシリコンTFT（a-SiTFT）のごとき低移動度のTFTでは、充電のばらつきも問題である。以上のような理由のために、同じ信号を印加しても、画素電位 $V_i$ は図3（B）の実線で示されるようなものも、点線のようなものも得られる。当然のことながら、このようなばらつきは好ましいものではない。

【0014】

【問題を解決するための手段】先に指摘したように画素電位を精密に制御することが要求されるのは、TN液晶が実効値電圧に応じて光透過性を変えるためであった。STN液晶でも、あるいはこれらの基本材料であるネマティック液晶を利用した分散型液晶でも同じことであった。

【0015】本発明は、ネマチック液晶を利用した場合のこのような欠点を解決するものである。具体的には使用する液晶材料について強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物（ポリマー）中に分散させた、いわゆるポリマー液晶（分散型液晶ともいう）を用いた。

【0016】本発明の液晶電気光学装置は基本的に以下のような構成を有するものである。本発明の基本構造は、図4に示すように電極13、14を有し、少なくと

5

も一方が透光性を有し、いずれか一方の基板に薄膜トランジスタ15を有し、さらに少なくとも一方にラビング処理等の一軸配向処理を施した膜16を有した一对の基板11、12を、配向処理をした面が対向するように配置させた液晶セルの隙間に、強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料17を挟持した構造を有するものである。

【0017】本発明における表示素子の場合、少ない電荷でも液晶分子を反転させることが可能であるように、小さな自発分極の値を有する液晶材料を用いることで、強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料の応答時間よりも短いパルス幅でも液晶分子の応答が可能となり、良好な光学特性を得ることができた。

【0018】さらに、本発明においては短いパルス幅のために、液晶材料の有する自発分極と比較して不足となる電荷量を補うためと、放電による電荷の不足を補うためスイッチング素子に補助容量を併設することで解決した。このような場合、補助容量は薄膜トランジスタを有する基板に設ける。

【0019】また、本発明における表示素子の場合、少ない電荷でも液晶分子を反転させることが可能であるように、自発分極の大きな液晶材料を用いる場合動作温度を上げて自発分極の値を小さくすることで強誘電性もしくは反強誘電性を示す液晶材料、あるいはそれらを高分子化合物に分散させた材料の応答時間よりも短いパルス幅でも液晶分子の応答が可能となり、良好な光学特性を得ることができた。

【0020】本発明において必要とされる液晶材料の自発分極の大きさは、 $10\text{ nC/cm}^2$ 以下望ましくは $8\text{ nC/cm}^2$ 以下である。また、補助容量を設ける場合は、液晶材料の自発分極は $20\text{ nC/cm}^2$ 以下、望ましくは $18\text{ nC/cm}^2$ 以下で、なおかつ画素容量と補助容量の比が $1:10000$ 以下である。

【0021】もちろん、液晶の自発分極が小さい場合と、画素の放電が充分に小さい場合であれば、補助容量はなくても構わない。特に、過大な補助容量の存在は、充電あるいは放電の動作に時間がかかり、本発明を実施するにおいて望ましいものではない。画素の放電を小さくするには、例えば、薄膜トランジスタのOFF抵抗を充分大きくし、リーク電流を減らすことと、液晶等の画素自身の電極間抵抗を充分大きくすることが必要である。特に後者の目的のためには、画素電極を、窒化珪素、あるいは酸化珪素等、酸化タンタル、酸化アルミニウムの絶縁性材料で被覆してしまうことが有効である。また、画素自身の容量を大きくすることも放電を小さくすることには有効で、液晶の誘電率を高くする、あるいは基板の間隔を決める等といった処置を行えばよい。

【0022】本発明を実施するには、例えば、図5に示すような、薄膜トランジスタを使用したマトリクス回路

6

を組めばよい。図5に示した回路は従来のTFTを利用したアクティブマトリクス型表示装置に用いられた回路と同じである。

【0023】このような回路において、各薄膜トランジスタのゲート電圧やソース・ドレイン間電圧をコントロールすることによって、画素に印加される電圧のON/OFFを制御することが可能である。この例では、マトリクスは $640 \times 480$ ドットであるが、煩雑さをさけるため、 $n$ 行 $m$ 列近傍のみを示した。これとおなじものを上下左右に展開すれば、完全なものが得られる。この回路を用いた動作例を図2に示す。ここでは1つの画素だけに注目してその動作を示した。

【0024】信号線 $X_n$ （走査線）は、各TFTのゲート電極に接続されている。そして、図2に示すように、矩形パルス信号が印加されてゆく。一方、信号線 $Y$

（データ線）は、各TFTのソース（あるいはドレイン電極）に接続されているが、これには、正もしくは負のいずれかの状態を示すパルス列が印加される。 $480$ 行のマトリクスでは、このパルス列には、1単位の時間 $T_1$ 中に、 $480$ 個の情報が含まれている。本発明では、1フレームが複数のサブフレーム（図2の例では5つ）から構成されていることが特徴である。また、図2の例では各サブフレームはそれぞれ持続時間が異なる。

【0025】以下では、話を単純にするために、対向基板の電位は0で一定であるとする。図に示すように、最初に $V_g$ が印加されたときに、 $V_D$ は正であったので、画素の電位 $V_{LC}$ は正となる。このときには、図3に関して説明したように $\Delta V$ だけ電位が降下し、その後、自然放電によって画素の電位 $V_{LC}$ は徐々に0に近づく。しかし、画素の透過率 $T_{LC}$ に注目すると、画素電位 $V_{LC}$ が降下してゆくにも関わらず、透過率 $T_{LC}$ は一定に保たれる。メモリー性の良い液晶材料であれば、画素電位 $V_{LC}$ の降下はさほど問題とならない。しかし、メモリー性の良くない液晶材料を用いる場合には画素電位 $V_{LC}$ の低下が許容できるように他のパラメータ（ $V_g$ 、 $V_D$ ）を設定しなければならない。

【0026】設計上のポイントとしては、最も特性の悪いTFTを基準として $V_g$ 、 $V_D$ を設定すればよい。例えば、最も電荷の保持特性の悪い画素において、図2に示す場合で最も長いサブフレームの持続時間 $16T_0$ 後の電位 $V_{LC}$ が $+9\text{ V}$ 以上、好ましくは $+11\text{ V}$ 以上あるように、 $V_D$ を設定する。そして、左記 $V_D$ を駆動するのに適切な $V_g$ を設定する。

【0027】図2ではいずれのサブフレームでも電位 $V_{LC}$ の降下の様子は同じであるように書かれているが、実際にはサブフレームの持続時間が長いほど電位の降下が大きいことに注意しなければならない。

【0028】最初のパルス $V_g$ が印加されてから時間 $T_0$ 後に、第2のパルス $V_g$ が印加される。このときのデータ信号 $V_D$ も正であったので、画素電位 $V_{LC}$ は正のま

までである。ただし、新たに電荷が注入されて電位が再び高まる。画素の透過率 $T_{lc}$ は変化しない。

【0029】次いで、時間 $16T_0$ 後に第3のパルス $V_g$ が印加されたときには、データ信号 $V_d$ は負であったので、画素電位 $V_{lc}$ は負に反転する。そして、透過率も変動する。ただし、この遷移は比較的緩やかであり、印加される電圧が $10V$ 以下であれば、 $50\mu sec$ 程度の時間が必要である。これに対し、パルス $V_g$ の幅は $30\mu sec$ 以下であるが、この液晶の光学応答遷移はパルス $V_g$ ではなく、画素電位 $V_{lc}$ によっておこなわれるので、何ら支障はない。

【0030】その後、時間 $2T_0$ 後に、3回目のパルス $V_g$ が印加され、そのときのデータ信号 $V_d$ は負であったので、画素の状態は変化しない。さらに時間 $8T_0$ 後に、4回目のパルス $V_g$ が印加され、そのときのデータ信号 $V_d$ は正であったので、画素電位 $V_{lc}$ は再び正になり、画素の透過率 $T_{lc}$ も変化する。最後に、時間 $4T_0$ 後に、次のフレームの1回目のパルス $V_g$ が印加されて、1つのフレームが終了する。このような5つのサブフレームを適当に組み合わせることによって32階調の表示が可能であるが、以上の動作によって、 $1+16+4=21$ 〔階調〕の明るさが得られた。

【0031】以上の動作において、最適な最小時間単位 $T_0$ を決定することが重要である。既に述べたように、強誘電性（もしくは反強誘電性）液晶の光学応答時間は印加される電圧に依存する。上記のように $15V$ 程度の電圧であれば $50\mu sec$ の応答時間である。一般に光学応答時間は、印加電圧に反比例する。ところで、1フレームは動画の表示特性やフリッカーの防止の目的で1フレームは $100msec$ 以下、好ましくは $30msec$ 以下である必要がある。例えば1フレームを $30msec$ とすれば、最大の階調度数は、 $30msec$ を $50\mu sec$ で除した600階調が限度であるが、実際には、光学応答が完全に行われるためには上記光学応答時間の数倍が必要であるので、100階調程度の階調が限度となる。このような制約は、液晶に印加する電圧（あるいは電場）の大きさを大きくし、光学応答時間を短縮することによって改善されるが、TFTの耐圧がそれに伴って向上することが必要である。

#### 【0032】

【作用】本発明の構造によれば、上記のようなデジタル階調表示をおこなった場合には少々ばらつきのあるTFTにおいても均一な階調表示が可能であることが明らかになった。これは、強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶は実質的に実効値電圧に応答するのではなく、電界の極性の変化に対して応答することに起因している。すなわち、強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶では、ON電圧として $1msec$ 以上の間、継続的な電圧印加がある場合には、 $5V$ でも $5.1V$ でも同じ光透過性を示すからである。

【0033】上記の効果を示す一例として、強誘電性液晶（フェニルピリミジン系）を用いて、このパルスの持続時間を変化せしめることによってコントラストを制御し、階調表示したものを図6に示す。同様な効果は、強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶を高分子中に分散させた材料においても観測された。しかし、TN液晶を用いた場合には、同じようにパルス幅を変化させる方式によって階調表示をおこなう場合であっても、このような直線的な階調表示は得られなかった。

【0034】しかしながら、本発明のような液晶に電界が印加される時間を制御することで階調表示を行う液晶電気光学装置においては、使用できる強誘電性もしくは反強誘電性液晶は限定される。以下にその理由を詳細に説明する。

【0035】強誘電性液晶は、液晶材料が有する自発分極と外部電界との相互作用によって生じるトルクによって液晶分子をスイッチングさせることをその駆動原理としている。従って、強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶を駆動するためには、液晶材料の有する自発分極を反転させるための電場を電極間に形成させるため、十分な電荷が電極間に充電させる必要がある。液晶材料に対し、外部から継続的な電界を印加すれば、外部から電荷が常に電極に供給されるので、液晶分子が電界に反応し、自発分極が反転することで電極間に電流が流れて電荷が消費されても、電極間の電圧は外部電源の電圧に等しい電圧で保たれている。

【0036】ところが、本発明のようなTFT駆動を行う場合、電極に外部から電荷が供給されるのは、素子のゲートにパルスが印加されている間だけである。したがって、TFTがOFFになったあとでは、電極は開放状態となるので、自発分極が反転するときの電力の消費は電極間だけで行われる。

【0037】強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶は応答速度が速いものでも数 $\mu sec$ である。より精細な階調を行うため、例えばパルス幅が $1\mu s$ でなければならぬとするなら、液晶分子の反転はTFTがOFF状態の時に行われることになる。

【0038】従って、液晶の応答時間がパルス幅より長い場合は、TFTがOFFの時に液晶分子の大半が反転するときには、TFTがON状態になっている時間中に、自発分極が反転するのに十分な電荷を電極に充電しなければならない。

【0039】自発分極が大きい強誘電性液晶もしくは反強誘電性液晶の場合、電極間に充電されなければならない電荷も当然大きくなる。

【0040】パルス幅が短いなどで電極に供給される電荷が少ない場合、自発分極がすべて反転しないので光学応答が不十分になる等の問題がある。

【0041】また、電極間が開放状態にあって、次のパルスが印加されるまでに電極間の電圧がある一定以上の

電圧が保持されていないと、一旦スイッチングした液晶分子がまた元に戻ってしまい光学特性を不良化させる原因となる。

【0042】実際、強誘電性もしくは反強誘電性液晶を用いた液晶電気光学装置において、本発明の表示方法を行う場合、液晶電気光学装置の光学特性は液晶材料の物性により大きく左右されるため、本方法に適するよう特に液晶材料の自発分極、補助容量の容量の大きさを選択する必要がある。

【0043】ここで、本発明の液晶電気光学装置でデジタル階調を行うことを可能とするために、液晶が有して\*

$$C_{LC}(V - V_{rem}) \geq 2 \cdot P_s \cdot S \quad (1)$$

【0046】ここに、 $C_{LC}$ は画素電極間の容量、 $V$ は画素に印加される信号の電圧、 $P_s$ は強誘電性または反強誘電性液晶材料の有する自発分極、 $S$ は画素電極の電極面積、 $V_{rem}$ はゲートパルス印加後、次のパルスが印加される直前の電極間の電圧を示す。また式(1)では液※

$$C_{LC} = \epsilon \cdot S / d$$

【0048】ここに、 $\epsilon$ は強誘電性、または反強誘電性液晶材料の誘電率、 $S$ は画素電極の面積、 $d$ は対向する2枚の基板の画素電極間の距離である。特に、強誘電性もしくは反強誘電性液晶の場合、式(2)の誘電率 $\epsilon$ は自発分極の寄与を考えなければならない。このため、強☆

$$\epsilon = \epsilon_0 (a \cdot P + \epsilon_r)$$

【0050】ここに、 $\epsilon_0$ は真空の誘電率( $8.854 \times 10^{-12}$  [F/m])、 $a$ は定数、 $P$ は自発分極に関する値、 $\epsilon_r$ は自発分極に関しない部分の値である。一般的に、強誘電性もしくは反強誘電性液晶において、光学応答が完全にとれるとき自発分極の効果により、式(3)の値の括弧の中の値は10~15となる。従って、液晶材料の誘電率は、106 pF/mとなる。但し、式(3)の括弧の中が12に等しいとした。

【0051】画素電極の面積が $2.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ 、対向する2枚の基板上の画素電極間の距離が $2.5 \times 10^{-6} \text{ m}$ である時、画素の容量は1.06 nFである。

【0052】本発明人らは、種々の強誘電性もしくは反強誘電性液晶について本発明による駆動方式で液晶表示☆

$$(C_{LC} + C_{AD})(V - V_{rem}) \geq 2 \cdot P_s \cdot S \quad (4)$$

【0056】パルス幅が短くて、液晶が応答しきらず液晶のゆらぎもほとんど無いとすると自発分極の影響をほとんど受けず、式(3)の括弧の中の値は2~3となる。従って、液晶の誘電率は、式(3)の括弧の中が2.5に等しいとすると、0.0221 pF/mとなる。従って、画素の容量は、0.221 pFとなる。上でも述べたように光学特性が完全にとれるとき、 $V_{rem}$ が9Vであったとすると、自発分極が $20 \text{ nC/cm}^2$ である時、画素に付加する補助容量は、式(4)から、2000 pFとなることが分かる。上記のようにして、本発明を実施するのに必要な液晶材料の自発分極及び補助容量の値を求めることができる。

\*いなければいけない液晶材料の自発分極の大きさ、及び、補助容量が必要となる場合の補助容量を求める。

【0044】強誘電性もしくは反強誘電性液晶表示素子において、光学応答がとれているとき、印加電圧、画素容量、液晶材料の自発分極と、最もサブフレームから次のサブフレームに変わる直前の電圧との間に、次の式

(1)の関係が成り立っていなければならないと考えられる。

【0045】

【数1】

※晶材料が反転するときの電荷の収支について考えている。式(1)の $C_{LC}$ については、式(2)として次のように表せる。

【0047】

【数2】

(2)

☆誘電性、または反強誘電性液晶材料の誘電率は、自発分極に関する成分とそれ以外の成分とで分けると、式(3)として次のように表せる。

【0049】

【数3】

(3)

☆素子の光学特性を調べたところ、光学特性が完全にとれるときの電極間の電圧は、9~10Vであることが確認された。

【0053】従って、 $V_{rem}$ が9Vであったとすると、液晶材料の自発分極は式(1)から $10.6 \text{ nC/cm}^2$ であることが分かる。

【0054】さらに、画素電極の放電が大きく補助容量を必要とする場合、必要とされる自発分極と補助容量の大きさは、式(1)において $C_{LC}$ を $C_{LC} + C_{AD}$ と置き換えることによって求められる。すなわち、式(1)は、式(4)として下式のように表せる。

【0055】

【数4】

【0057】

【実施例】

【実施例1】以下に本発明を利用した液晶電気光学装置の実施例を示し、本発明を実施例に則して説明する。本実施例により作製した液晶電気光学装置の構成を図8に示す。セルの一方の基板11は無アルカリガラス基板上に形成した結晶性シリコンTFTを用いたアクティブマトリクス15を作製した。該アクティブマトリクス基板の回路構成は図4に示すように、補助容量を設けなかった。TFTはシングルゲートのPMOSを用いたが、これはリーク電流が小さく、ON/OFFが大きくとれるためである。典型的にはリーク電流は1 pA以下(ゲイ



ト電圧+15V、ドレイン電圧-10V)以下、ON/OFF比7.5桁以上(ゲイト電圧-15V/+15V、ドレイン電圧-10V)であった。

【0058】他方の基板12には全面にITO膜14を形成し、その上にショート防止用の酸化珪素膜21を形成した基板を使用した。

【0059】画素13の大きさは $20\mu\text{m}\times 60\mu\text{m}$ とし、マトリクス規模は $1920\times 480$ であった。各画素の電荷保持特性を調べたところ、データ信号として、-10Vを印加した時の最も悪いものは3msec後の電圧で約-9Vであった。

【0060】従って、本実施例ではマトリクスに印加する走査信号パルスの幅は $1\mu\text{sec}$ とし、パルスの波高は-15V、データ信号は $\pm 15\text{V}$ とした。

【0061】次に前記基板上に溶媒を溶かした高分子樹脂16をスピンコート法により塗布した。ここで使用した高分子樹脂はポリイミド系の樹脂(東レ(株)製)であり、溶媒にはn-メチル-2-ピロリドンを使用した。高分子樹脂の希釈濃度は8倍である。高分子樹脂を塗布した基板は $280^\circ\text{C}$ で2.5時間加熱して溶媒を乾燥し樹脂をイミド化させた。次にこの基板上の樹脂をベルベット等の布が巻いてあるローラーで1000rpmの回転数で一方向に擦った。次に前記基板を間隔1~7 $\mu\text{m}$ の無機製のスペーサーを間に挟んで加圧して挟んだ。これら2枚の基板間に液晶材料17を注入した。

【0062】次に液晶材料について説明する。本実施例にて使用した液晶材料はチッソ(株)製の強誘電性液晶、CS-1014である。この液晶はその相系列はIs $\rightarrow$ N\* $\rightarrow$ SmA $\rightarrow$ SmC\* $\rightarrow$ Cryをとるものであり、その転移温度はIs $\rightarrow$ N\*は $81^\circ\text{C}$ 、N\* $\rightarrow$ SmAは $69^\circ\text{C}$ 、SmA $\rightarrow$ SmC\*は $54^\circ\text{C}$ 、SmC\* $\rightarrow$ Cryは $-21^\circ\text{C}$ であった。液晶セルの厚さは $1.6\mu\text{m}$ とした。液晶の自発分極は $5\text{nC}/\text{cm}^2$ であった。

【0063】なお、液晶に印加される電圧が5V以下では液晶中にドメイン構造が生成しているのが確認された。このようなドメイン構造はデジタル階調表示をおこなう上で特性を悪化することになるので、ドメインが発生しないように、印加する電圧を高めることが望まれる。

【0064】また、本実施例の液晶電気光学装置の、コントラスト比のデータ信号印加時間依存性を図9に示す。図9に示すようにパルス幅が $1\mu\text{sec}$ であっても完全に応答していることが分かる。

【0065】このような液晶電気光学装置により、デジタル階調表示を行った。すなわち、図2に示されたように1フレームを5つのサブフレームによって構成し、32階調のデジタル階調表示を行った。各サブフレームの持続時間を第1サブフレームは $179\mu\text{sec}$ 、第2サブフレームは $2.87\text{msec}$ 、第3サブフレームは $358\mu\text{sec}$ 、第4サブフレームは $1.43\text{msec}$ 、

第5サブフレームは $717\mu\text{sec}$ とし、1フレームは $5.5\text{msec}$ すなわち $180\text{Hz}$ とした。

【0066】その結果、以上の液晶電気光学装置によって、最大コントラスト比180、32階調の表示を得ることができた。

【0067】〔比較例〕比較例として、自発分極の値が $17\text{nC}/\text{cm}^2$ である強誘電性液晶を用いた以外は、すべて実施例1と同一の構造である液晶電気光学装置について、マトリクスに印加する走査信号パルスの時間を変化させて装置の透過光強度を測定した結果を図10に示す。図10からも分かるようにパルス幅が $40\mu\text{s}$ よりも短くなると応答が不完全になる。このことから液晶材料の自発分極の値が、式(1)を満足するように適切な材料を選択することが装置の特性を発揮させるのに効果的であることが分かる。

【0068】〔実施例2〕本実施例により作製した液晶電気光学装置の構成を図11に示す。セルの一方の基板11は無アルカリガラス基板上に形成した結晶性シリコンTFEを用いたアクティブマトリクス15を作製した。本実施例においては、下記に示すように自発分極の大きな液晶材料を使用したため、該アクティブマトリクス基板の回路構成中に、図4に示すように補助容量を設けた。補助容量は図11に示すように基板11上に設けた。該補助容量22の大きさは $0.05\text{pF}$ である。TFEはシングルゲイトのPMOSを用いたが、これはリーク電流が小さく、ON/OFFが大きくとれるためである。典型的にはリーク電流は $1\text{pA}$ 以下(ゲイト電圧+15V、ドレイン電圧-10V)以下、ON/OFF比7.5桁以上(ゲイト電圧-15V/+15V、ドレイン電圧-10V)であった。

【0069】他方の基板12には全面にITO膜14を形成し、その上にショート防止用の酸化珪素膜21を形成した基板を使用した。

【0070】画素13の大きさは $20\mu\text{m}\times 60\mu\text{m}$ とし、マトリクス規模は $1920\times 480$ であった。各画素の電荷保持特性を調べたところ、データ信号として、-10Vを印加した時の最も悪いものは3msec後の電圧で約-9Vであった。

【0071】マトリクスに印加する走査信号パルスの幅は $1\mu\text{sec}$ とし、パルスの波高は-15V、データ信号は $\pm 15\text{V}$ とした。

【0072】次に前記基板上に溶媒を溶かした高分子樹脂16をスピンコート法により塗布した。ここで使用した高分子樹脂はポリイミド系の樹脂(東レ(株)製)であり、溶媒にはn-メチル-2-ピロリドンを使用した。高分子樹脂の希釈濃度は8倍である。高分子樹脂を塗布した基板は $280^\circ\text{C}$ で2.5時間加熱して溶媒を乾燥し樹脂をイミド化させた。次にこの基板上の樹脂をベルベット等の布が巻いてあるローラーで1000rpmの回転数で一方向に擦った。次に前記基板を間隔1~7

$\mu\text{m}$ の無機製のスペーサーを間に挟んで加圧して挟んだ。これら2枚の基板間に液晶材料17を注入した。

【0073】次に液晶材料について説明する。本実施例にて使用した液晶はフェニルビリジン系強誘電性液晶であり、その相系列はIso-SmA-SmC\*-Cr<sub>y</sub>をとるものであり、その転移温度はIso-SmAは71.7℃、SmA-SmC\*は46.3℃、SmC\*-Cr<sub>y</sub>は-9.7℃であった。液晶の自発分極は18nC/cm<sup>2</sup>であった。液晶セルの厚さは2.5 $\mu\text{m}$ とした。

【0074】なお、液晶に印加される電圧が5V以下では液晶中にドメイン構造が生成しているのが確認された。このようなドメイン構造はデジタル階調表示をおこなう上で特性を悪化することになるので、ドメインが発生しないように、印加する電圧を高めにするのが望まれる。

【0075】また、本実施例の液晶電気光学装置について、データ信号印加時間を1 $\mu\text{s}$ に固定したときの、コントラスト比の補助容量値依存性を図12に示す。図12に示すように0.5pFである補助容量を設けることで、大きな自発分極を有する液晶材料でも完全に応答することが分かる。

【0076】このような液晶電気光学装置により、デジタル階調表示を行った。すなわち、図2に示されたように1フレームを5つのサブフレームによって構成し、32階調のデジタル階調表示を行った。各サブフレームの持続時間を第1サブフレームは179 $\mu\text{sec}$ 、第2サブフレームは2.87msec、第3サブフレームは358 $\mu\text{sec}$ 、第4サブフレームは1.43msec、第5サブフレームは717 $\mu\text{sec}$ とし、1フレームは5.5msecすなわち180Hzとした。

【0077】以上の液晶電気光学装置によって、最大コントラスト比180、32階調の表示を得ることができた。

【0078】〔実施例3〕本実施例により作製した液晶電気光学装置の構成は、図8に示す様な実施例1におけるものに等しい。本実施例ではセルの一方の基板11は無アルカリガラス基板上に形成した結晶性シリコンTFTを用いたアクティブマトリクス15を作製した。該アクティブマトリクス基板の回路構成は図4に示すように、補助容量を設けなかった。TFTはシングルゲートのPMOSを用いたが、これはリーク電流が小さく、ON/OFFが大きくとれるためである。典型的にはリーク電流は1pA以下（ゲート電圧+15V、ドレイン電圧-10V）以下、ON/OFF比7.5桁以上（ゲート電圧-15V/+15V、ドレイン電圧-10V）であった。

【0079】他方の基板12には全面にITO膜14を形成し、その上にショート防止用の酸化珪素膜21を形成した基板を使用した。

【0080】画素13の大きさは20 $\mu\text{m}$ ×60 $\mu\text{m}$ とし、マトリクスの規模は1920×480であった。各画素の電荷保持特性を調べたところ、データ信号として、-10Vを印加した時の最も悪いものは3msec後の電圧で約-9Vであった。

【0081】従って、本実施例ではマトリクスに印加する走査信号パルスの幅は1 $\mu\text{sec}$ とし、パルスの波高は-15V、データ信号は±15Vとした。

【0082】次に前記基板上に溶媒を溶かした高分子樹脂16をスピンコート法により塗布した。ここで使用した高分子樹脂はポリイミド系の樹脂（東レ（株）製）であり、溶媒にはn-メチル-2-ピロリドンを使用した。高分子樹脂の希釈濃度は8倍である。高分子樹脂を塗布した基板は280℃で2.5時間加熱して溶媒を乾燥し樹脂をイミド化させた。次にこの基板上の樹脂をベルベット等の布が巻いてあるローラーで1000rpmの回転数で一方向に擦った。次に前記基板を間隔1~7 $\mu\text{m}$ の無機製のスペーサーを間に挟んで加圧して挟んだ。これら2枚の基板間に液晶材料17を注入した。

【0083】次に液晶材料について説明する。本実施例にて使用した液晶はフェニルビリジン系強誘電性液晶であり、その相系列はIso-SmA-SmC\*-Cr<sub>y</sub>をとるものであり、その転移温度はIso-SmAは71.7℃、SmA-SmC\*は46.3℃、SmC\*-Cr<sub>y</sub>は-9.7℃であった。液晶の自発分極は18nC/cm<sup>2</sup>であった。液晶セルの厚さは2.5 $\mu\text{m}$ とした。

【0084】なお、液晶に印加される電圧が5V以下では液晶中にドメイン構造が生成しているのが確認された。このようなドメイン構造はデジタル階調表示をおこなう上で特性を悪化することになるので、ドメインが発生しないように、印加する電圧を高めにするのが望まれる。

【0085】また、本実施例の液晶電気光学装置について、データ信号印加時間を1 $\mu\text{s}$ に固定したときの、コントラスト比の動作温度依存性を図13に示す。また、本実施例において使用した液晶材料の自発分極の温度依存性を図14に示す。本実施例の液晶電気光学装置は、室温では図13に示すようにコントラスト比が低く良好な光学特性が得られていない。これは、図14に示すように自発分極の値が大きく、本実施例における駆動法では液晶分子が完全には応答しないためであると考えられる。しかし、液晶電気光学装置の温度を上昇させることでコントラスト比が増加し、動作温度が40℃のときに液晶材料が完全に応答することが分かる。これは図14に示すように液晶材料の温度が上昇し、自発分極が本実施例における駆動法を行えるほどに小さくなったためであると考えられる。従って、本実施例では液晶電気光学装置の駆動時には、常に温度が40℃以上となるように温度を調節を行った。なお、本実施例における駆動時の

各特性値は、恒温室等の温度を一定に保つことが可能な場所で測定したものである。

【0086】このような液晶電気光学装置により、デジタル階調表示を行った。すなわち、図2に示されたように1フレームを5つのサブフレームによって構成し、32階調のデジタル階調表示を行った。各サブフレームの持続時間を第1サブフレームは $179\mu\text{sec}$ 、第2サブフレームは $2.87\text{msec}$ 、第3サブフレームは $358\mu\text{sec}$ 、第4サブフレームは $1.43\text{msec}$ 、第5サブフレームは $717\mu\text{sec}$ とし、1フレームは $5.5\text{msec}$ すなわち $180\text{Hz}$ とした。

【0087】その結果、以上の液晶電気光学装置によって、最大コントラスト比180、32階調の表示を得ることができた。

【0088】

【発明の効果】本発明では強誘電性もしくは反強誘電性液晶材料あるいはそれらのポリマー液晶材料を用いた液晶電気光学装置において、特にデジタル階調表示が可能となるように適切な値の自発分極を有する液晶材料を用いることを特徴としている。また、大きい自発分極を有する液晶材料を使用できるように、特にこの場合には基板上に補助容量を設けたことを特徴としている。その結果デジタル方式の階調表示を行うことが可能となり、非常に精細な階調表示が可能となった。

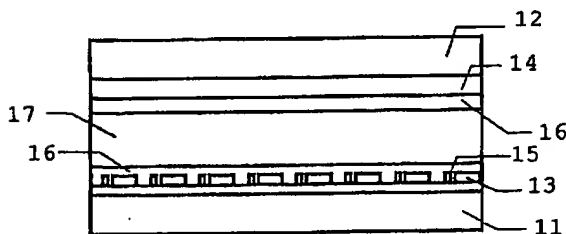
【0089】例えば $640\times 400$ ドットの256、000個のTFTを $100\text{mm}$ 角に作製した液晶電気光学装置に対し通常のネマティック液晶を用いてアナログ的な階調表示を行った場合、TFTの特性のばらつきの影響のため16階調表示が限界であった。しかしながら、本発明によるデジタル階調表示をおこなった場合、TFT素子の特性ばらつきの影響を受けにくいために、64階調以上の表示が可能になりカラー表示ではなんと16、777、216色の多彩であり微妙な色彩の表示が実現できている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による駆動波形の例を示す。

【図2】 本発明による駆動波形の例を示す。

【図4】



【図3】 従来のアクティブマトリクス回路およびその駆動波形の例を示す。

【図4】 本発明の液晶電気光学装置の概略図を示す。

【図5】 本発明の実施例1によるマトリクス構成の例を示す。

【図6】 本発明の実施例2によるマトリクス構成の例を示す。

【図7】 本発明による階調表示例を示す。(縦軸: パルス持続時間、横軸: コントラスト比)

【図8】 本発明の実施例1による液晶電気光学装置の概略図を示す。

【図9】 本発明の実施例1による液晶電気光学装置について、コントラスト比のデータ信号印加時間依存性を示す。

【図10】 本発明の実施例1の比較例の液晶電気光学装置について、コントラスト比のデータ信号印加時間依存性を示す。

【図11】 本発明の実施例2による液晶電気光学装置の概略図を示す。

【図12】 本発明の実施例1による液晶電気光学装置について、コントラスト比の補助容量依存性を示す。

【図13】 本発明の実施例3による液晶電気光学装置について、コントラスト比の動作温度依存性を示す。

【図14】 本発明の実施例3による液晶電気光学装置において使用した液晶材料の自発分極の温度依存性を示す。

【符号の説明】

11・・・基板

12・・・基板

13・・・画素電極

14・・・電極

15・・・薄膜トランジスタ

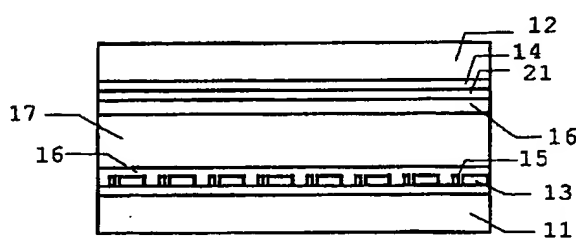
16・・・配向処理を施した膜

17・・・強誘電性あるいは反強誘電性を示す液晶材料  
もしくは該液晶材料を分散させた高分子樹脂

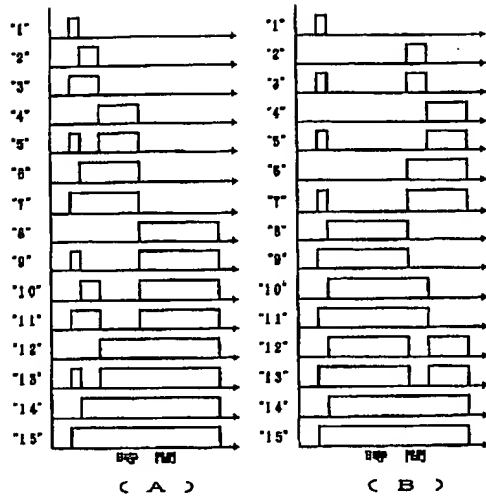
21・・・酸化珪素膜

22・・・補助容量

【図8】



【図1】



【図7】

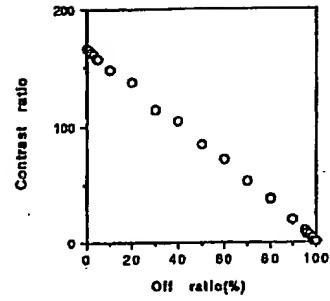
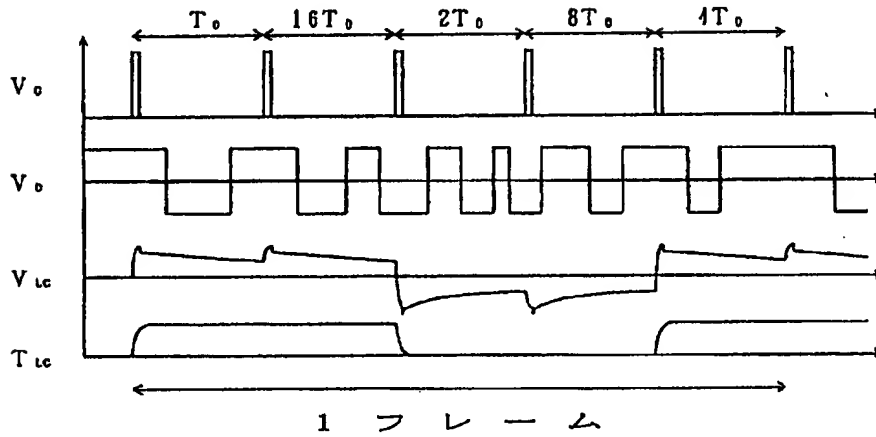
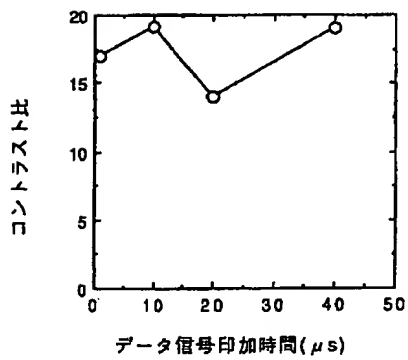


Fig. Contrast ratio of FLC cell by digital gray scale.

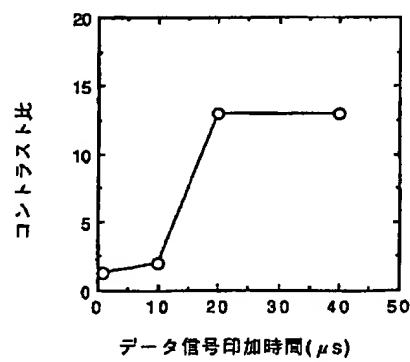
【図2】



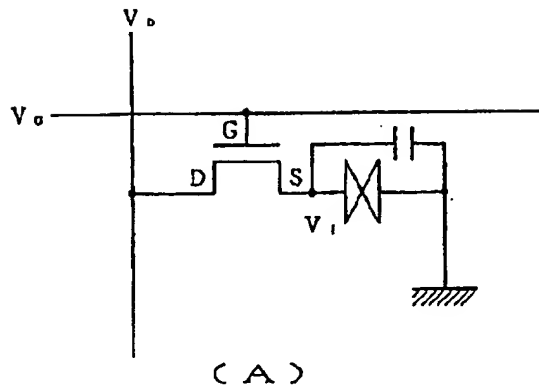
【図9】



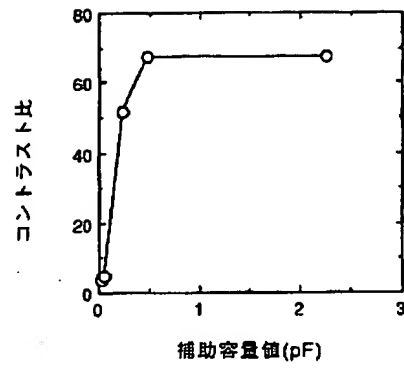
【図10】



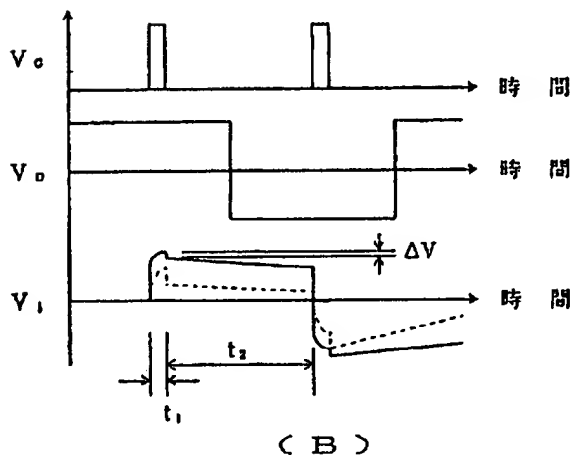
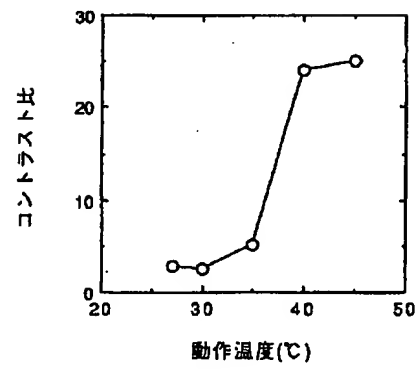
【図3】



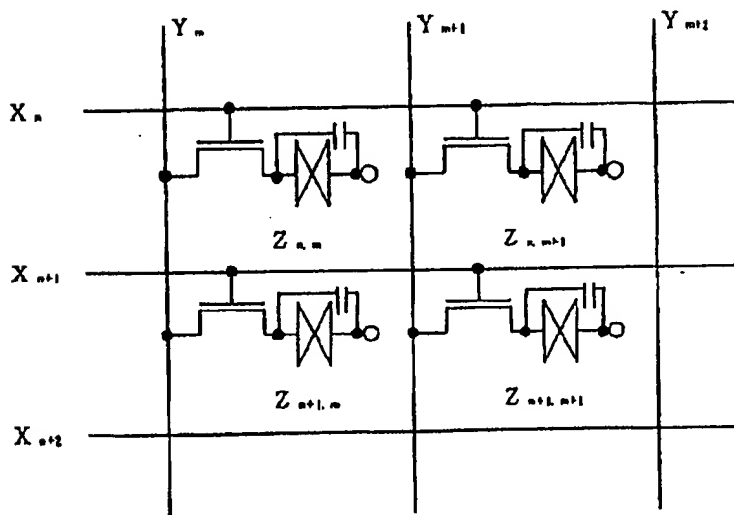
【図12】



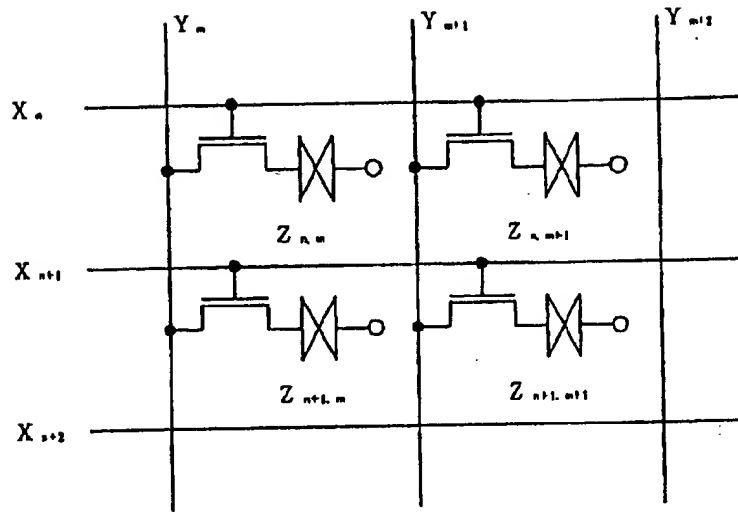
【図13】



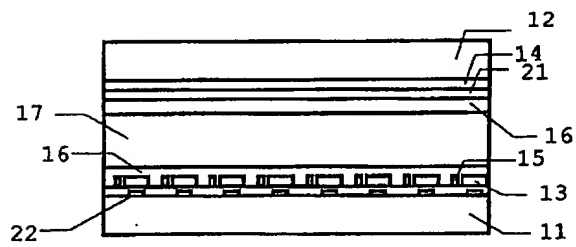
【図6】



【図5】



【図11】



【図14】

